



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이학석사 학위논문

각시붕어, *Rhodeus uyekii* 성분화 및 생식소 발달

**Early Gonadogenesis and Sex Differentiation in
the Korean Rose Bitterling, *Rhodeus uyekii***



2014년 2월

한국해양대학교 대학원

해양생명환경학과

구 인 본

이학석사 학위논문

각시붕어, *Rhodeus uyekii* 성분화 및 생식소 발달

**Early Gonadogenesis and Sex Differentiation in
the Korean Rose Bitterling, *Rhodeus uyekii***



2014년 2월

한국해양대학교 대학원

해양생명환경학과

구 인 본

본 논문을 구인본의 이학석사 학위논문으로 인준함.

위 원 장 조 성 환



위 원 임 선 영



위 원 박 인 석



2013년 12월 13일

한국해양대학교 대학원

목 차

	<i>Page</i>
목 차	iii
약어 목차(List of Abbreviations)	v
그림 목차(List of Figures)	vi
Abstract	ix
 I. 서 론	 1
 II. 재료 및 방법	 4
1. 실험어	4
2. 인공산란 및 부화.....	4
3. 사육환경	5
4. 표본 및 생식소 조직 관찰.....	5
 III. 결 과	 7
1. 초기성장	7
2. 생식소 발달과정 및 성분화.....	11
2. 1 미분화 생식소	11
2. 2 난소의 분화	14
2. 3 정소의 분화	17
2. 4 성분화 양상	21

	<i>Page</i>
IV. 고 찰	23
V. 국문요약.....	28
VI. 이 력 서.....	30
VII. 감사의 글	35
VIII. 참고문헌	37



약어 목차(List of Abbreviations)

AB	Air bladder	부레
BV	Blood vessel	혈관
CC	Condensed chromatin	응축 염색질
CNO	Oocyte in the chromatin-nucleolus stage	염색인기 난모세포
DPH	Days post hatching	부화후 날짜수
EC	Endoovarian canal	난소내관
G	Gut	장
GR	Genital ridge	생식융기
IC	Interstitial cell	간질세포
IWT	Integral water temperature	적산수온
M	Mesentery	장간막
MF	Meiotic figure	감수분열상
MP	Meiotic prophase	감수분열 전기
MPGC	Mitotic primordial germ cell	체세포분열성 시원생식세포
PGC	Primordial germ cell	시원생식세포
PNO	Oocyte in the peri-nucleolus stage	주변인기 난모세포
SC	Somatic cell	체세포
SD	Sperm duct	정소관
SG	Spermatogonia	정원세포
Y	Yolk	난황

List of Figures

	<i>Page</i>
Fig. 1. Growth curves in total length and body weight of the Korean rose bitterling, <i>Rhodeus uyekii</i> from hatching to 83 days post-hatch. Means±S.D. of triplicate groups. Vertical bars represent standard deviations. TL, total length; BW, body weight; t, time.....	8
Fig. 2. Condition factor of the Korean rose bitterling, <i>Rhodeus uyekii</i> from hatching to 83 days post-hatch. Condition factor= $(a/b^3) \times 1,000$ (a is body weight, b is total length).....	9
Fig. 3. Development of Korean rose bitterling, <i>Rhodeus uyekii</i> . A: 1 days post hatching (DPH), 6.1±0.09 mm in total length (TL), 22°C integral water temperature (IWT); B: 2 DPH, 6.2±0.09 mm TL, 44°C IWT; C: 3 DPH, 6.5±0.10 mm TL, 66°C IWT; D: 7 DPH, 6.9±0.10 mm TL, 154°C IWT; E: 9 DPH, 7.0±0.11 mm TL, 198°C IWT; F: 11 DPH, 7.2±0.11 mm TL, 242°C IWT; G: 17 DPH, 7.9±0.12 mm TL, 374°C IWT; H: 19 DPH, 8.2±0.12 mm TL, 418°C IWT; I: 21 DPH, 9.2±0.14 mm TL, 462°C IWT; J: 25 DPH, 10.1±0.15 mm TL, 550°C IWT; K: 33 DPH, 11.2±0.17 mm TL, 726°C IWT; and L: 53 DPH, 12.9±0.19 mm TL, 1,166°C IWT. Bars are 3 mm.....	10
Fig. 4. Transverse section of gonad on the 17 days post-hatch in the Korean rose bitterling, <i>Rhodeus uyekii</i> . The gonad consists of a genital ridge adjacent to mesonephric duct and contains primordial germ cells (scale bar, 30 µm). Insert: primordial germ cell viewed under high power (scale bar, 10 µm). Abbreviations: AB, air bladder; G, gut; GR, genital ridge; M, mesentery; PGC, primordial germ cell; Y, yolk.....	12

	<i>Page</i>
Fig. 5. Transverse section of the early undifferentiated gonad of 19 days post-hatch in the Korean rose bitterling, <i>Rhodeus uyekii</i> . Abbreviations: AB, air bladder; CC, condensed chromatin; GR, genital ridge; MPGC, mitotic primordial germ cell; SC, somatic cell. Scale bar is 30 μ m.....	13
Fig. 6. Transverse section of the early differentiated ovary on the 21 days post-hatch in the Korean rose bitterling, <i>Rhodeus uyekii</i> . Note the presence of oocyte in the chromatin–nucleolus stage. Meiotic figures become common. Abbreviations: CC, condensed chromatin; EC, endoovarian canal; MF, meiotic figure; M, mesentery; MP, meiotic prophase; SC, somatic cell. Scale bar is 20 μ m.....	15
Fig. 7. Transverse section of ovary containing oocytes in the perinucleolus stage on the 33 days post-hatch in the Korean rose bitterling, <i>Rhodeus uyekii</i> . Abbreviations: EC, endoovarian canal; M, mesentery; PNO, oocyte in the perinucleolus stage. Scale bar is 50 μ m.....	16
Fig. 8. Transverse section of the early differentiated testis on the 25 days post-hatch in the Korean rose bitterling, <i>Rhodeus uyekii</i> . Abbreviations: AB, air bladder; G, gut; SD, sperm duct; SG, spermatogonia. Scale bar is 30 μ m.....	18
Fig. 9. Transverse section of a testis on the 33 days post-hatch in the Korean rose bitterling, <i>Rhodeus uyekii</i> . Note the presence of spermatogonia. Abbreviations: SC, somatic cell; SG, spermatogonia. Scale bar is 30 μ m.....	19
Fig. 10. Transverse section of a testis on the 33 days post-hatch in the Korean rose bitterling, <i>Rhodeus uyekii</i> . Note the common of spermatogonia. Abbreviations: SD, sperm duct ; SG, spermatogonia. Scale bar is 30 μ m.....	20

	<i>Page</i>
Fig. 11. Diagram of gonadal development and differentiation of the Korean rose bitterling, <i>Rhodeus uyekii</i> in relation to days post hatching. DPH: days post hatching, TL: total length, IWT: integral water temperature.....	22



Early gonadogenesis and sex differentiation in the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii*

by

In Bon GOO

Submitted to

The Department of Marine Bioscience and Environment

Graduate School of Korea Maritime and Ocean University

(Supervised by In-Seok PARK, Ph. D.)

Abstract

Sex differentiation of the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii* is described from hatching to the 83 days post-hatch (DPH). Growth curve of total length from just hatching to 83 DPH was $TL = 5.144e^{0.045t}$ ($R^2 = 0.961$)(TL: total length; t, time), and growth curve of body weight was $BW = 2.398e^{0.086t}$ ($R^2 = 0.725$)(BW: body weight; t, time). Primordial germ cells (PGCs) were observed on the 17 DPH (7.9 mm TL, 3.74 mg BW, 374°C integral water temperature (IWT)), and began to protrude into the peritoneal cavity. On the 21 DPH (9.2 mm TL, 4.8 mg BW, 462°C IWT), initial ovarian differentiation was identified by the PGCs with condensed chromatin, and their transformation into meiotic oocytes. While ovaries gradually grew after sex were differentiated, testes continued to multiply from the 25 DPH (10.1 mm TL, 5.42 mg BW, 550°C IWT) when testicular differentiation was first

identified. On the 33 DPH (11.2 mm TL, 10.5 mg BW, 726°C IWT), testes contained spermatogonia exhibiting mitotic activity. No existed spermatocyte and sperm cell until the conclusion of this study 83 DPH (18.9 TL, 48.2 mg, 1,826°C IWT). As the results of this study, the sex differentiation type of the Korean rose bitterling is identified as differentiated gonochoristic.

KEY WORDS: Early growth, Gonadogenesis, *Rodeus uyekii*, sex differentiation.

Approved as qualified thesis of In Bon Goo for the Degree of **Master of Philosophy** by the Evaluation Committee in October 2013.



I. 서 론

어류 성의 종류는 동시성숙형 자웅동체(synchronous hermaphroditism), 웅성선성숙(protandrous) 자웅동체와 자성선성숙(protogynous) 자웅동체, 자웅이체(gonochorism)로 구별된다. 이들 중 자웅이체 어류의 성분화(sex differentiateon) 양상은 미분화(undifferentiated)형과 분화(differentiated)형으로 구별된다. 미분화형 성분화 양상은 미분화 생식소가 ovary-like 기관으로 우선 발생한 후 이중 반이 암컷으로 그리고 나머지 반이 수컷으로 분화하는 형태이며, 분화형 성분화 양상은 미분화 생식소가 직접 난소 또는 정소로 분화하는 형태이다(박 등, 1998; Hunter & Donaldson, 1983; Park *et al.*, 2004).

어류양식에 있어서 인위적 성전환은 수온 조절, pH 조절 또는 호르몬 처리 등에 의해 전 암컷 또는 전 수컷의 경제성 높은 단성집단(monosexual population)을 생산하고자 수행되었다. 자웅이체 어류에서의 미분화형과 분화형의 성분화는 수컷 유도물과 암컷 유도물에 의해 이루어지며, 자웅이체 어류에 있어서 인위적인 성전환은 생식소의 성분화 과정 중에 외생적 성 steroid의 투여로 유도될 수 있다(박 등, 1998). 어류의 성결정(sex determination) 과정에서 염색체에 의한 유전적 요소와 더불어 환경적 요소도 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Devlin & Nagahama, 2002). 어류의 환경적 성결정에 중요한 물리화학적 요소로는 수온, pH 및 염도 등이 있다(Baroiller *et al.*,

1999). 또한, 환경에 존재하는 화합물중 polychlorinated biphenyls (PSBs), nonylphenol, bisphenol과 dioxin 등 내분비계 장애물질이 어류의 성결정에 영향을 미친다 (Gray and Metcalf, 1997). 이 등(1994)은 자성발생 넙치, *Paralichthys olivaceus*를 부화 후 초기에 수온 24℃에서는 수컷이 86.6%, 29℃에는 수컷이 90.0% 수컷으로 전환하였으며, 권 등(2006)은 조피볼락, *Sebastes schlegelii*에서 호르몬처리로 인위적으로 성비를 조절 하였다.

각시붕어, *Rhodeus uyei*는 분류학적으로 잉어목(Cypriniformes) 납자루아과(Cyprinidae) 납줄개속(*Rhodeus*)에 속하는 한반도 고유종으로, 유속이 완만하고 수초가 무성한 하천이나 저수지 가장자리의 진흙바닥과 연못에서 서식하고, 우리나라 낙동강 수계 및 그 밖의 남부지역 하천 수계에 분포한다(전, 1982). 각시붕어의 산란기는 4월 하순에서 6월 중순이며, 산란시기에 암컷에서 산란관이 신장되어 석패과(Family Unionidae)에 속하는 담수 이매패의 새강에 산란하는 특이한 습성이 있다(Uchida, 1939; Nakamura, 1969). 각시붕어의 몸은 측편하고 체고가 비교적 높으며 수컷이 암컷보다 더 높다 체색은 등쪽이 담갈색이고 등지느러미 앞의 등쪽과 꼬리자루가 빛살이 짙고 옆구리는 붉은빛을 띤 은백색이다. 뒷지느러미의 바깥쪽은 수컷에 있어서는 검은 빛이고, 그 안쪽에 작은 백색부가 있으나 암컷이다. 암컷에 있어서는 검은 빛이지만 다른 무늬는 없다. 따라서 수컷의 경우 암컷에 비해 시각적인 효과가 우수하여 관상어로 주목 받고 있으며, 최근 생물·화학적 환경오염에 노출되기 쉬우므로 보존이 시급한

분류군이다(강 등, 2006)

각시붕어에 관한 연구로는 각시붕어의 생활사, 각시붕어 산란관의 신장, 각시붕어의 생식주기, 각시붕어의 골격학적 연구, 한국산 각시붕어의 초기발생과 시기별 성비에 관한 연구, 실험실에서 사육한 한국산 각시붕어의 초기생활사, 수온에 따른 난 발생 간격, 각시붕어와 떡납줄갱이 간 정교배체와 상반교배체의 계측형질과 세포유전학적 분석 연구 등이 보고된 바 있다(김과 한, 1990; 박과 김, 1990; 안, 1995; 김, 1997; 채, 2001; 김 등, 2012; Uchida, 1939; Kim *et al.*, 2011). 각시붕어의 종 보존 및 성전환을 위해 필요한 초기 생식소발달과 성분화에 관한 양상 파악은 어류 초기발생시 생식소 기관형성(organogenesis) 조사에 의하여 이루어질 수 있는 것으로, 아직까지 각시붕어에서는 성분화 양상 파악이 구명되지 않은 실정이다.

본 연구에서는 각시붕어에 대한 단성집단 생산 및 종묘생산 연구의 일환으로 인공수정에 의한 부화 자어를 대상으로 일정 사육수온에서의 초기성장 및 부화 후 적산수온에 따른 각시붕어의 성분화 및 생식소발달에 관하여 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험어

각시붕어, *Rhodeus uyeii* 의 초기 생식소 형성 및 성분화 실험에 사용된 각시붕어 치어는 국립수산물과학원 내수면양식연구센터 사육하고 있던 개체들 이었다. 한국해양대학교 수산유전육종학연구실 부속 임해양식장에 운반 후 실험시 까지 저면여과식 유리수조(W 120 cm x L 30 cm x H 50 cm)에 수용하여 인공산란에 이용하였다. 이때 수온은 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 를 유지하였다.

2. 인공산란 및 부화

각시붕어의 산란시기인 2013년 4월 하순과 6월 중순에 걸쳐, 채색이 짙은 수컷과 산란관이 신장된 암컷을 선별하여 치어로 사용하였다. 산란관이 신장된 암컷으로 부터 복부압박법을 통해 채란 한 후, 2분 이내에 선별한 수컷을 복부압박을 통한 채정으로 습식법을 통해 인공수정하였다. 총 200립의 수정란을 획득하여, 부화조로 마련한 투명한 플라스틱 통(Fresh plus, Mirae chemical, Korea) (W 30 cm x L 20 cm x H 15 cm)에 부화시 까지 수용하였다. 수위는 10 cm, 명주기 13시간 암주기 11시간을 유지하였다. 부화조는 공기 공급없이 매일 오전 8시와 오후 8시에 2회에 걸쳐 폭기시킨 생수(맛있는 샘물, 풀무원, 한국)로 환수하였으며, 수온은 에어컨을 이용하여 실내온도를 항온으로 유지함으로써 $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 를 유지하였다.

3. 사육환경

부화한 자어는 투명한 플라스틱 통(Coolrara, Easyfilm, Korea) (W 10 cm x L 5 cm x H 3 cm)에 10마리씩 분산하여 사육하였으며, 사육수는 별도의 공기 공급 없이 폭기한 생수(맛있는 샘물, 풀무원, 한국)를 이용하여 매일 2회 환수하였다. 기타 사육환경은 '2. 인공산란 및 부화'에 명시한 환경과 동일한 조건을 유지 하였다. 부화 후 자어의 먹이는 부화 후 난황 흡수가 완료되어 첫 섭이를 시작하는 부화 후 21일부터 *Artemia sp.*를 급이 하였다. 사육기간 동안의 수온 범위는 부화 후 $22 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 를 유지하여 사육하였으며 매일의 평균 수온과 부화 후 일수에 따른 적산수온을 파악하였다.

4. 표본 및 생식소 조직 관찰

생식소 관찰을 위한 각시붕어의 표본은 부화 자어를 대상으로 무작위로 5마리씩 부화 직후 부터 부화 후 5일 까지는 1일 간격으로, 부화 후 7일 부터 21일 까지는 2일 간격으로, 부화 후 25일 부터 41일 까지는 4일 간격으로, 부화 후 47일 부터 83일 까지는 6일 간격으로 표본하였다. 표본된 각시붕어는 즉시 해부현미경(Stemi DV4, Carl Zeiss, Germany)하에서 사진 프로그램(Axio vision 4.0, Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 촬영 및 인화 후 전자 버니어캘리퍼스 (CD-20 CP; Mitutoyo, Japan)로 측정 후 0.01 mm 단위로 환산하여 전장을

측정하였으며, 체중은 전자저울(AX 200, Shimadzu Corp., Japan)으로 0.1 mg 단위까지 측정하고, 측정된 결과를 이용하여 전장과 체중에 관한 초기 성장식을 계산 하였다. 성장에 관한 측정은 3반복 실험을 통해 수행하였다

아울러, 성장에 따른 외형적 변화를 나타내기 위해 인화된 사진을 이용하여 성장에 따른 모식도를 작성하였다. 그 후 표본은 Park *et al.* (2004)의 방법에 의거하여 10% 중성포르말린(100 mL formalin, 6.5 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 4.5 g KH_2PO_4 / 900 mL DW)으로 고정 하였다. 고정 1일 후 10% 중성포르말린으로 재고정 하였으며, 고정된 표본은 paraffin 절편법에 따라 포매하였고 microtome (MICROM GmbH, Germany)를 이용하여 6 μm 로 연속절편 하였으며, hematoxylin과 eosin으로 이중 염색하여 조직 표본을 만들어 광학현미경 (Axiostar plus, Carl Zeiss, Germany)으로 검경하고, 현미경 사진 프로그램 (Axio vision 4.0, Carl Zeiss, Germany)을 사용하여 촬영하였다.

III. 결 과

1. 초기성장

각시붕어, *Rhodeus uyeii*는 수정 후 2일(수정 후 적산온도 43℃)에 부화가 완료되었다. 부화 직후(부화 후 적산수온 0℃)부터 부화 후 83일(부화 후 적산수온 1,826℃) 까지의 전장 및 체중의 성장과 비만도(condition factor) 그리고 외부형태 변화는 Figs. 1, 2 and 3과 같다. 부화 직후의 평균 전장 및 평균 체중은 6.1 ± 0.09 (SD) mm 및 4.9 ± 0.07 (SD) mg 이었으며, 부화 후 83일에는 평균 전장 18.9 ± 0.28 (SD) mm, 평균 체중 48.2 ± 0.72 (SD) mg 이었다(Figs. 1 and 3). 전장은 부화 직후 부터 부화 후 83일까지 지속적인 성장을 보였으며, 전장 성장식은 $TL = 5.144e^{0.045t}$ ($R^2 = 0.961$) (TL, total length; t, time) 이었다(Fig. 1).

체중은 부화 직후 부터 난황 흡수가 완료되는 시점 까지는 다소 감소하는 경향을 보였으나, 이후 먹이 섭이를 시작한 후 급격한 성장을 보인 바, 체중 성장식은 $BW = 2.398e^{0.086t}$ ($R^2 = 0.725$) (BW, body weight; t, time) 이었다(Fig. 1). 전장과 체중에 따른 비만도는 부화 후 21일째 까지 감소하는 경향을 보이다가 이후 일정한 값을 유지하는 경향을 보였다(Fig. 2 and Fig. 3-I). 부화 후 21일(Fig. 3-I, 평균 전장 9.2 ± 0.14 mm, 평균 체중 4.8 ± 0.07 mg; 부화 후 적산수온 462℃)에 난황 흡수가 완료되어 자어의 형태를 띠었다.

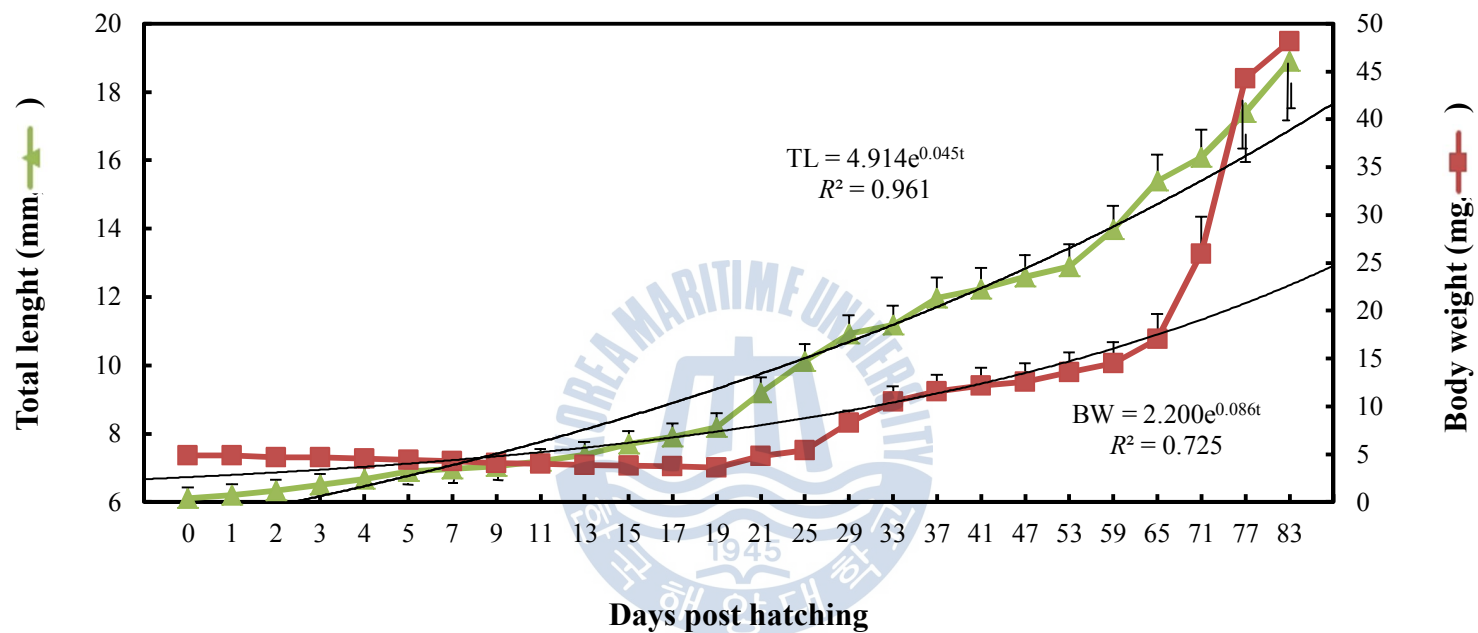


Fig. 1. Growth curves in total length and body weight of the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii* from hatching to 83 days post-hatch. Means \pm S.D. of triplicate groups. Vertical bars represent standard deviations. TL, total length; BW, body weight; t, time.

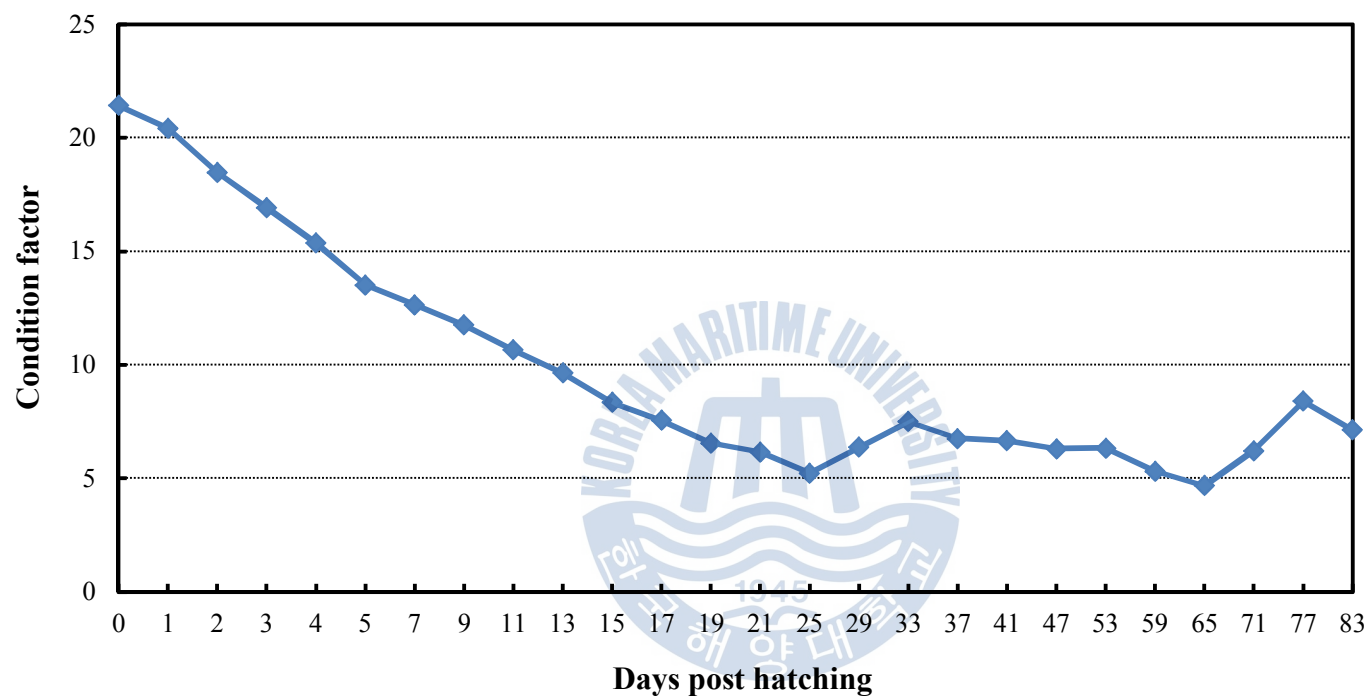


Fig. 2. Condition factor of the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii* from hatching to 83 days post-hatch.
Condition factor= $(a/b^3) \times 1,000$ (a is body weight, b is total length).

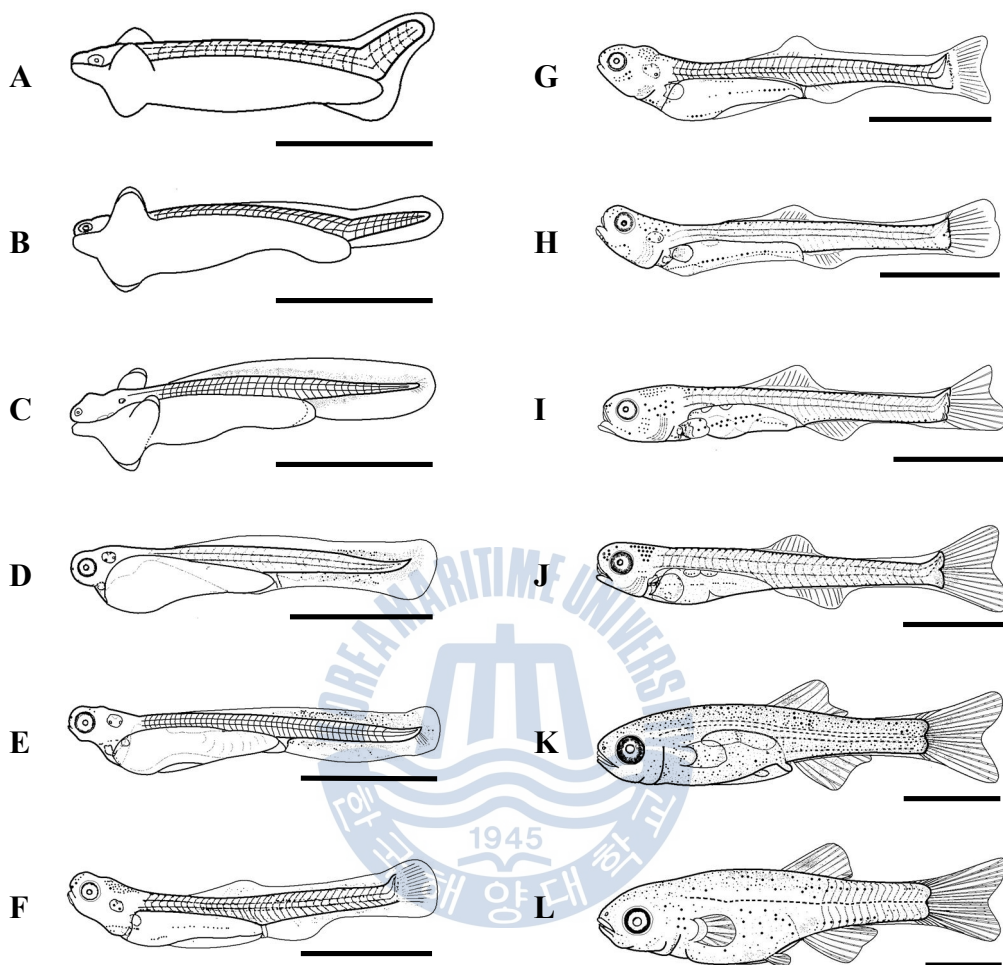


Fig. 3. Development of Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii*. A: 1 days post hatching (DPH), 6.1 ± 0.09 mm in total length (TL), 22°C integral water temperature (IWT); B: 2 DPH, 6.2 ± 0.09 mm TL, 44°C IWT; C: 3 DPH, 6.5 ± 0.10 mm TL, 66°C IWT; D: 7 DPH, 6.9 ± 0.10 mm TL, 154°C IWT; E: 9 DPH, 7.0 ± 0.11 mm TL, 198°C IWT; F: 11 DPH, 7.2 ± 0.11 mm TL, 242°C IWT; G: 17 DPH, 7.9 ± 0.12 mm TL, 374°C IWT; H: 19 DPH, 8.2 ± 0.12 mm TL, 418°C IWT; I: 21 DPH, 9.2 ± 0.14 mm TL, 462°C IWT; J: 25 DPH, 10.1 ± 0.15 mm TL, 550°C IWT; K: 33 DPH, 11.2 ± 0.17 mm TL, 726°C IWT; and L: 53 DPH, 12.9 ± 0.19 mm TL, 1,166°C IWT. Bars are 3 mm.

2. 생식소 발달과정 및 성분화

2.1 미분화 생식소

시원생식세포(primordial germ cell, PGC)는 부화 후 17일(Fig. 3-G: 평균 전장 7.9 ± 0.12 mm, 평균 체중 3.7 ± 0.06 mg, 부화 후 적산수온 374°C)에 처음으로 출현하였는바 부레(air bladder, AB) 밑의 장간막(mesentery, M)에 위치하고 있었다(Fig. 4). 시원생식세포는 Fig. 4의 insert에서 나타난 바와 같이 주변 세포와 쉽게 구별될 수 있는 난형의 세포로 직경 $7.2\ \mu\text{m}$ 의 구형으로 주변 세포들 보다 컸으며, 투명한 세포질과 직경 $2\ \mu\text{m}$ 의 둥근핵을 포함하고 있었다. 초기생식소로 판별 할 수 있는 생식융기(genital ridge, GR)의 형성이 관찰되었으며, 생식융기의 체세포(somatic cell, SC)들이 부분적으로 시원생식세포를 둘러싸고 있었다(Fig. 4).

부화 후 19일(Fig. 3-H: 평균 전장 8.2 ± 0.12 mm, 평균 체중 3.6 ± 0.05 mg, 부화 후 적산수온 418°C)에는 생식융기의 체세포들이 분열·증식이 활발하게 진행되었고 시원생식세포의 수적 증가가 일어나며 체세포분열성 시원생식세포(mitotic primordial germ cell, MPGC)가 존재하였고, 응축 염색질(condensed chromatin, CC)을 포함하고 있었다(Fig. 5).

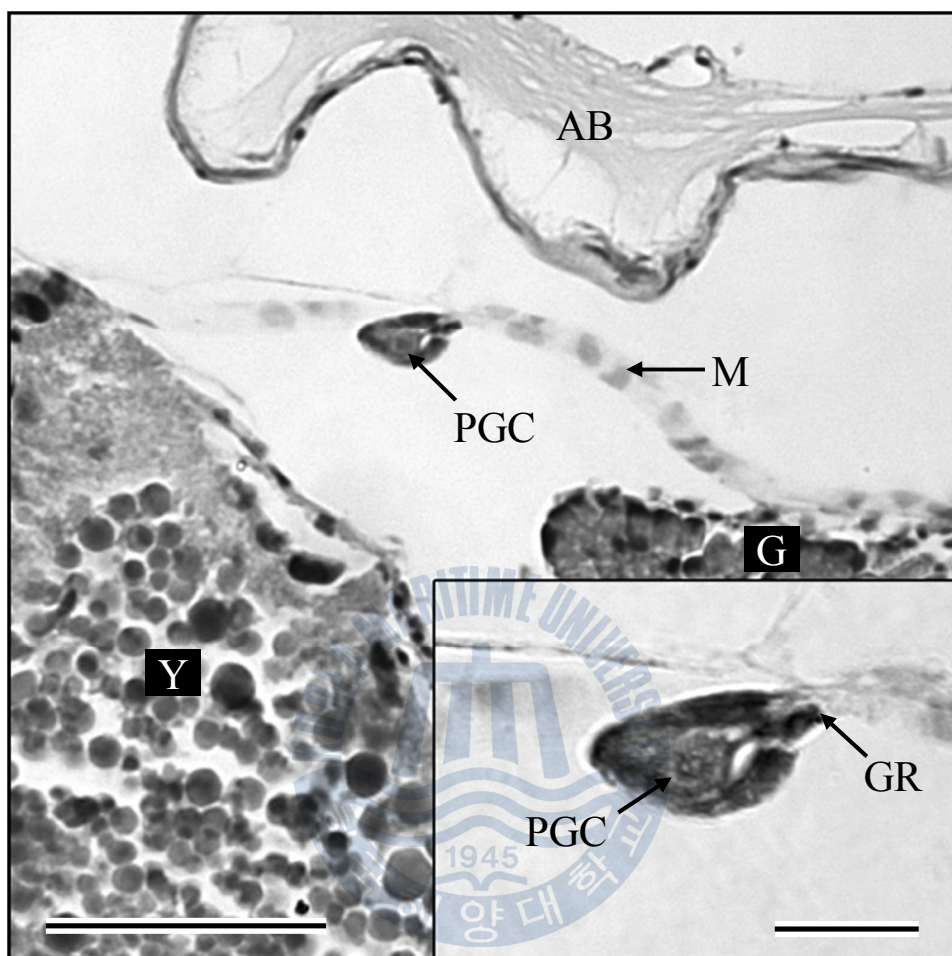


Fig. 4. Transverse section of gonad on the 17 days post-hatch in the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii*. The gonad consists of a genital ridge adjacent to mesonephric duct and contains primordial germ cells (scale bar, 30 μ m). Insert: primordial germ cell viewed under high power (scale bar, 10 μ m). Abbreviations: AB, air bladder; G, gut; GR, genital ridge; M, mesentery; PGC, primordial germ cell; Y, yolk .

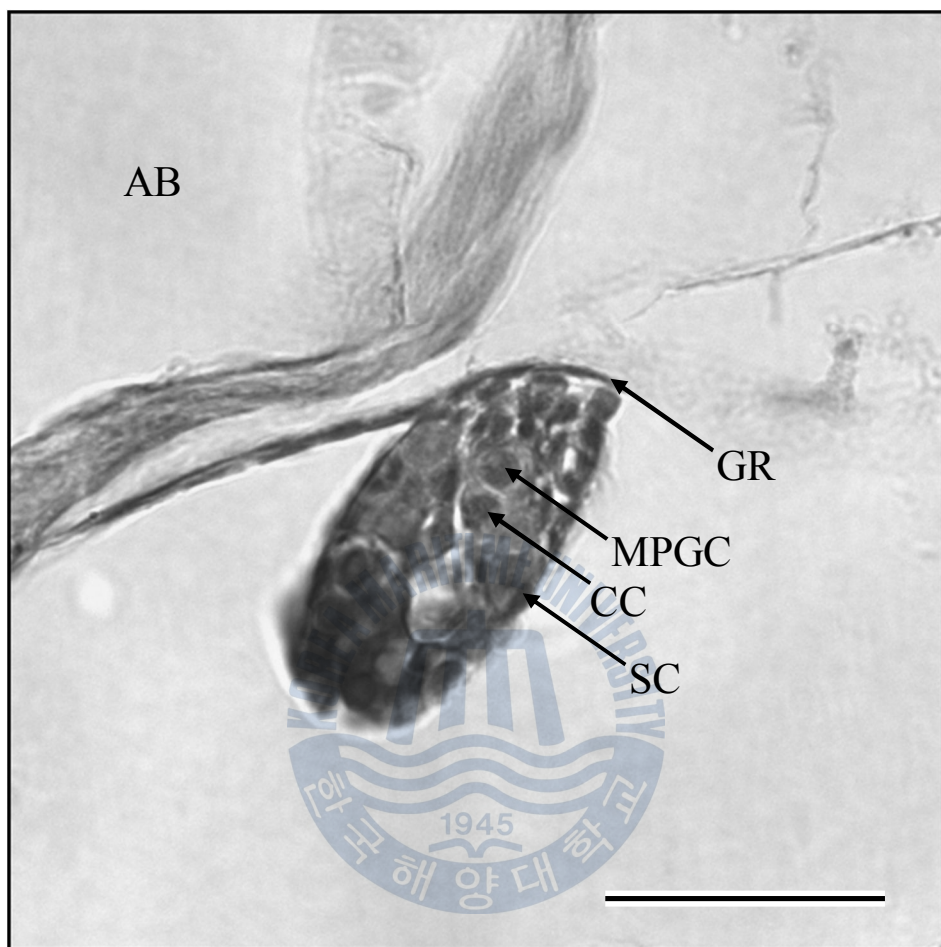


Fig. 5. Transverse section of the early undifferentiated gonad of 19 days post-hatch in the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii*. Abbreviations: AB, air bladder; CC, condensed chromatin; GR, genital ridge; MPGC, mitotic primordial germ cell; SC, somatic cell. Scale bar is 30 μ m.

2. 2 난소의 분화

부화 후 21일(Fig. 3-I: 평균 전장 9.2 ± 0.14 mm, 평균 체중 4.8 ± 0.07 mg, 부화 후 적산수온 462°C)에서 성분화가 일어나기 시작하여, 일부 시원생식세포가 응축 염색질(condensed chromatin, CC)을 포함하고 있었고, 감수분열 전기단계(meiotic prophase, MP)의 난모세포(oocyte)들이 존재하였다(Fig. 6). 또한 시원생식세포와 난모세포가 체세포로 둘러싸여 있었고 조밀한 결체조직으로 연결되어 있었으며, 암컷으로 구분할 수 있는 난소내관(endoovarian canal, EC)이 관찰되었다(Fig. 6).

부화 후 33일(Fig. 3-K: 평균 전장 11.2 ± 0.17 mm, 평균 체중 10.5 ± 0.16 mg, 부화 후 적산수온 726°C)에서는 직경 약 $50\ \mu\text{m}$ 크기의 주변인기 난모세포(perinucleolus oocyte, PNO)들이 발달하였다. 그 후 발생이 진전됨에 따라 주변인기 난모세포로 채워졌다. 부화 후 53일(Fig. 3-L: 평균 전장 12.9 ± 0.19 mm, 평균 체중 13.6 ± 0.20 mg, 부화 후 적산수온 $1,166^{\circ}\text{C}$)에서는 난소의 크기가 더욱 커지고 난모세포들로 가득 채워져 있었다(Fig. 7).

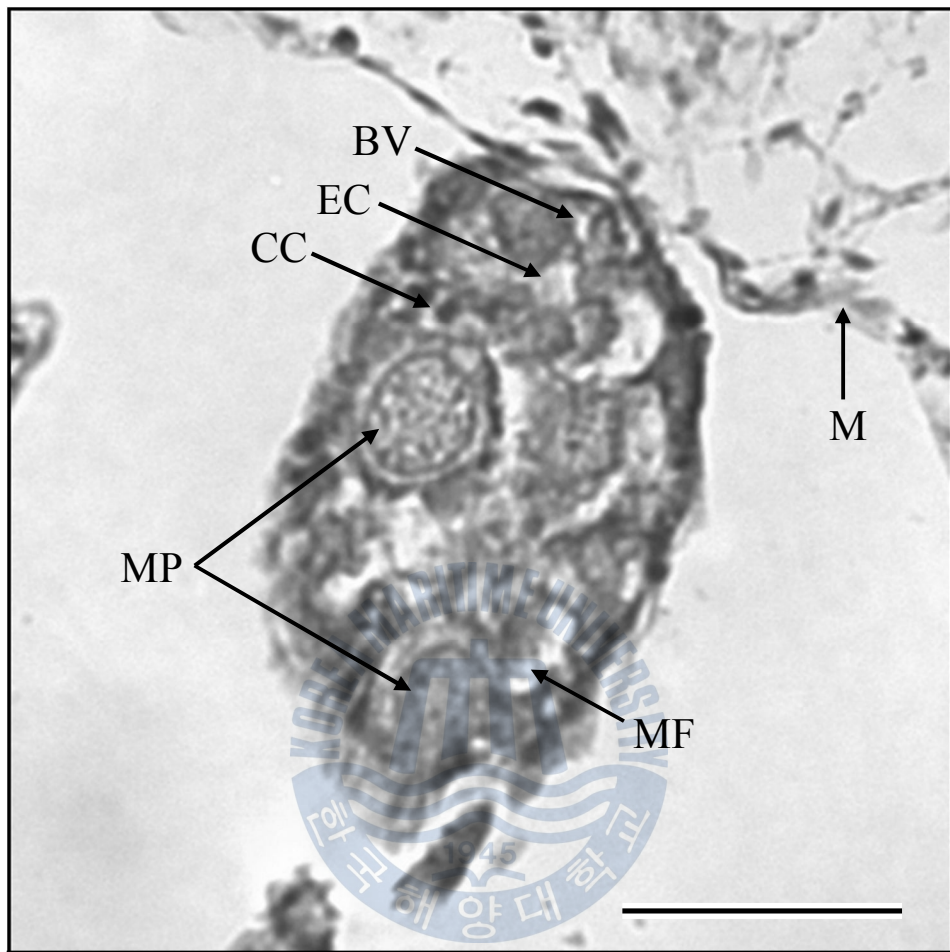


Fig. 6. Transverse section of the early differentiated ovary on the 21 days post-hatch in the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii*. Note the presence of oocyte in the chromatin–nucleolus stage. Meiotic figures become common. Abbreviations: CC, condensed chromatin; EC, endoovarian canal; MF, meiotic figure; M, mesentery; MP, meiotic prophase; SC, somatic cell. Scale bar is 20 μ m.

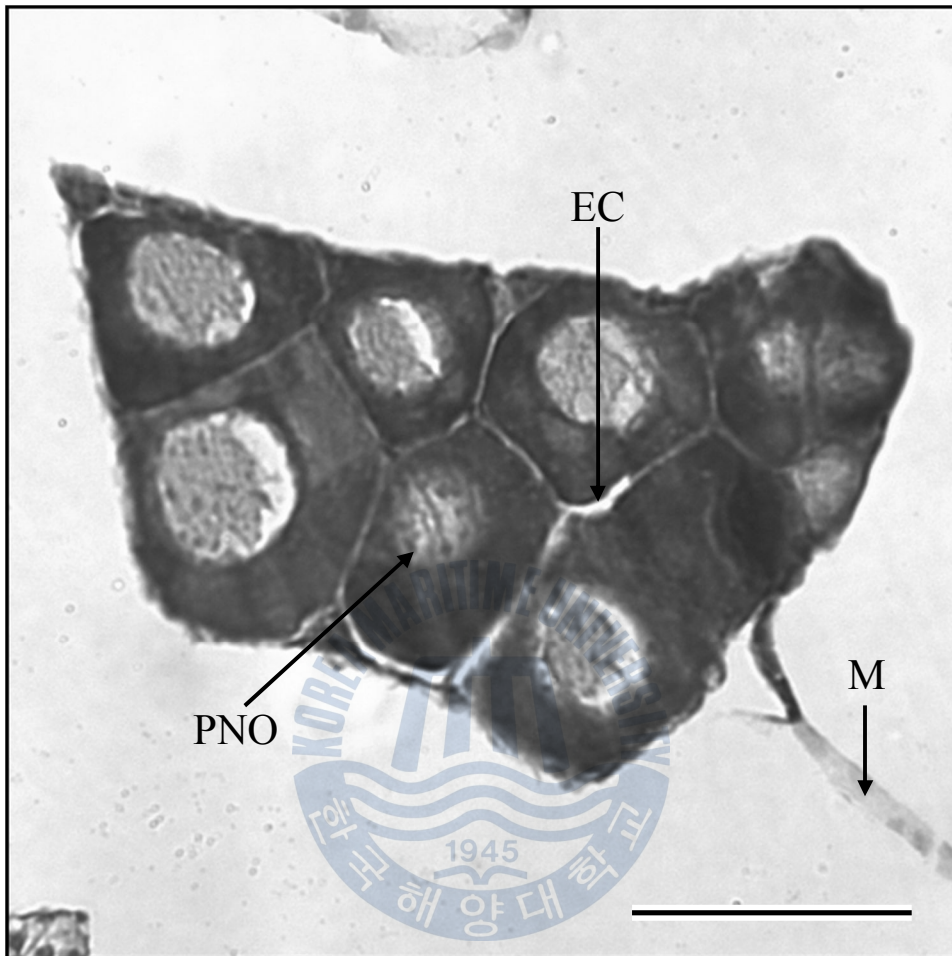


Fig. 7. Transverse section of ovary containing oocytes in the peri-nucleolus stage on the 33 days post-hatch in the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii*. Abbreviations: EC, endoovarian canal; M, mesentery; PNO, oocyte in the peri-nucleolus stage. Scale bar is 50 μ m.

2. 3 정소의 분화

부화 후 25일(Fig. 3-J: 평균 전장 10.1 ± 0.15 mm, 평균 체중 5.4 ± 0.08 mg, 부화 후 적산수온 550°C)에서 생식소 윗부분에 정소관(sperm duct, SD)의 원기를 관찰함으로써 정소로의 분화를 확인할 수 있었다(Fig. 8). 부화 후 33일(Fig. 3-K: 평균 전장 11.2 ± 0.17 mm, 평균 체중 10.5 ± 0.16 mg, 부화 후 적산수온 726°C)에서 정원세포(spermatogonia, SG)의 분열 증식을 관찰할 수 있었다(Fig. 9). 이후 정소의 발달 양상은 뚜렷한 변화를 보이지 않으며 부화 후 83일(평균 전장 18.9 mm, 평균 체중 48.2 mg, 부화 후 적산수온 $1,826^{\circ}\text{C}$) 까지 지속적으로 정원세포의 수가 증가하였다(Fig. 10). 실험 종료시 까지 정모세포(spermatocyte)와 정세포(sperm cell)는 관찰되지 않았다.

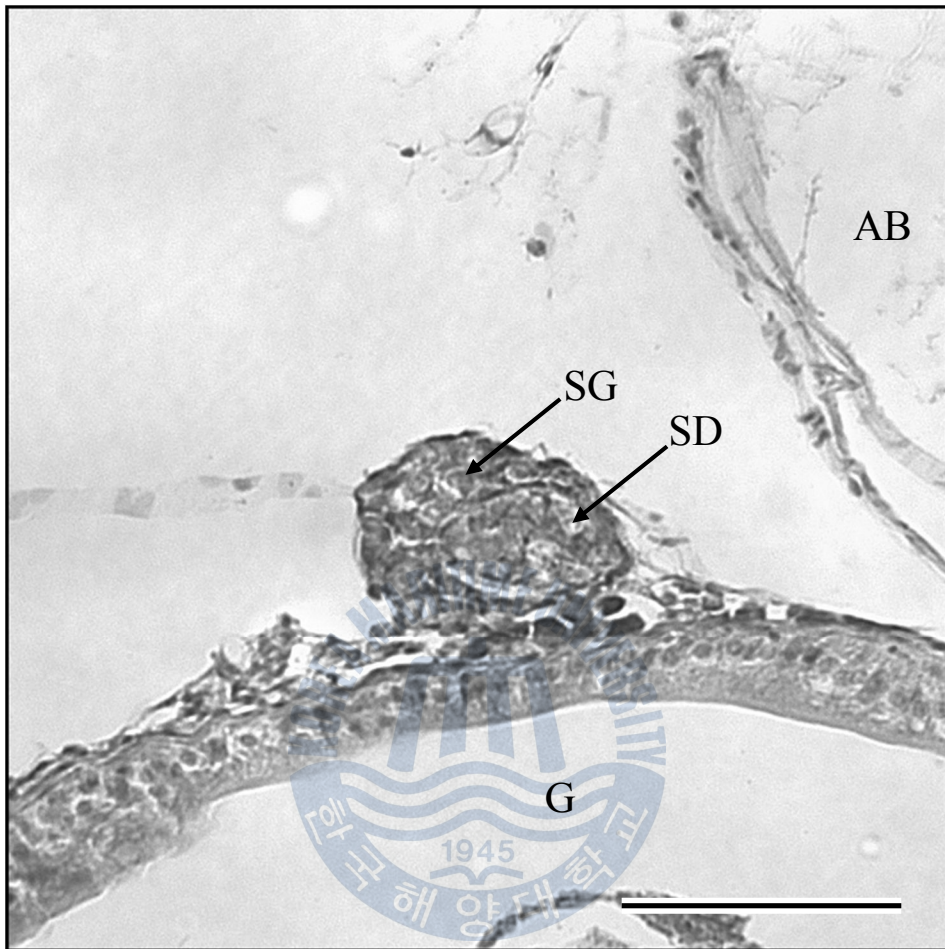


Fig. 8. Transverse section of the early differentiated testis on the 25 days post-hatch in the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii*. Abbreviations: AB, air bladder; G, gut; SD, sperm duct; SG, spermatogonia. Scale bar is 30 μm .

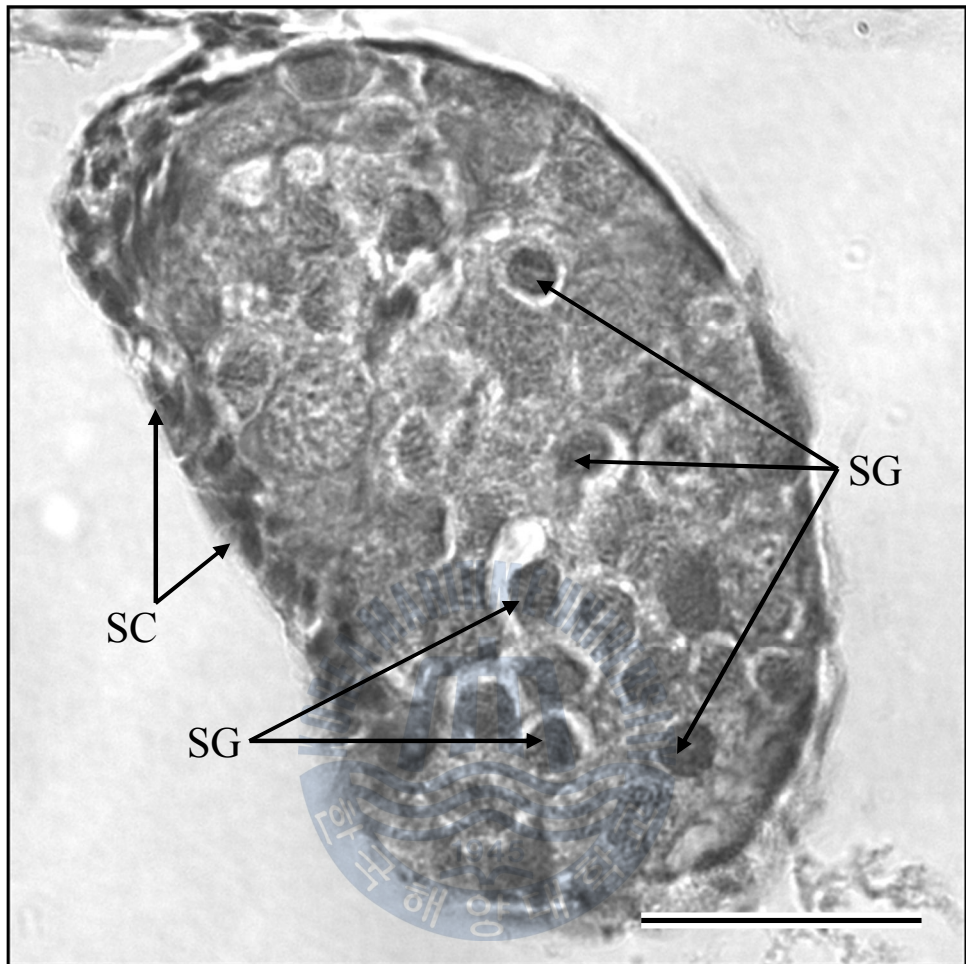


Fig. 9. Transverse section of a testis on the 33 days post-hatch in the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii*. Note the presence of spermatogonia. Abbreviations: SC, somatic cell; SG, spermatogonia. Scale bar is 30 μ m.

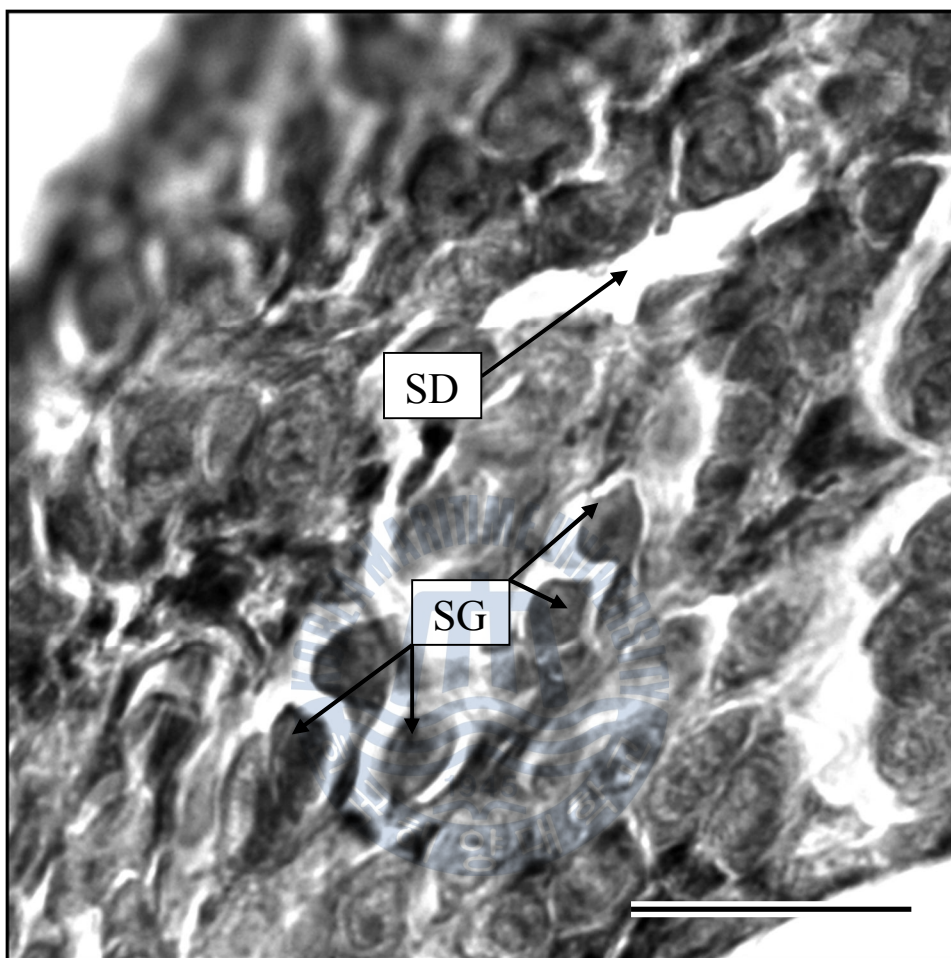


Fig. 10. Transverse section of a testis on the 33 days post-hatch in the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii*. Note the presence of spermatogonia. Abbreviations: SD, sperm duct ; SG, spermatogonia. Scale bar is 30 μ m.

2. 4 성분화 양상

각시붕어의 성분화 과정 양상을 Fig. 11에 도식화 하였다. 부화 후 17일(Fig. 3-G: 평균 전장 7.9 ± 0.12 mm, 평균 체중 3.7 ± 0.06 mg, 부화 후 적산수온 374°C)에 시원생식세포가 나타난 후, 첫 먹이 시작(first feeding)시기인 부화 후 21일(Fig. 3-I: 평균 전장 9.2 ± 0.14 mm, 평균 체중 4.8 ± 0.07 mg, 부화 후 적산수온 462°C)에 성분화가 일어났다. 이 시기의 난소에는 감수분열 전기의 난모세포와 응축 염색질을 함유한 시원생식세포가 존재하였고, 부화 후 33일(Fig. 3-K: 평균 전장 11.2 ± 0.17 mm, 평균 체중 10.5 ± 0.16 mg, 부화 후 적산수온 726°C)에 난소에는 염색인기 난모세포가 존재하였다. 부화 후 25일(Fig. 3-J: 평균 전장 10.1 ± 0.15 mm, 평균 체중 5.4 ± 0.08 mg, 부화 후 적산수온 550°C)에 정소에는 정원세포가 존재하여 정소로의 분화를 확인하였다.

이러한 결과를 토대로, 각시붕어의 성분화 양상은 암컷에 비해 수컷이 감수분열이 늦게 나타났으며, 미분화 생식소에서 암컷이나 수컷으로 직접 분화하는 분화형 자웅이체(differentiated gonochorism)으로 구명하였다.

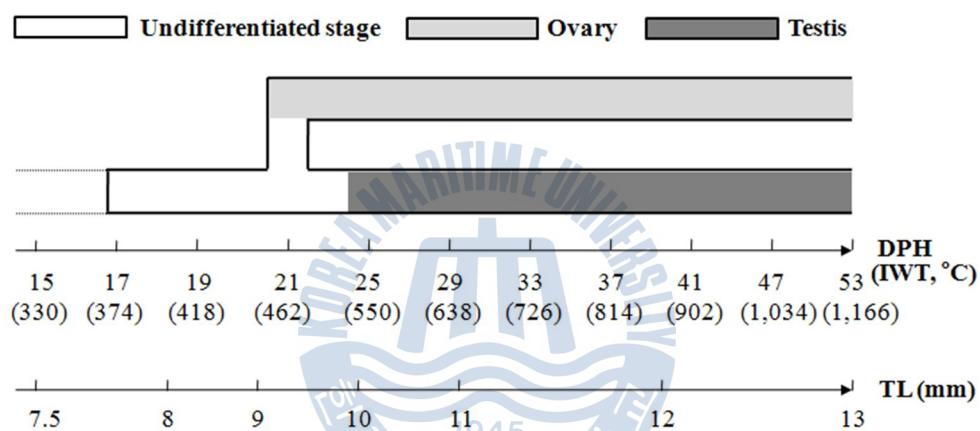


Fig. 11. Diagram of gonadal development and differentiation of the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii* in relation to days post hatching. DPH: days post hatching, TL: total length, IWT: integral water temperature.

IV. 고 찰

각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 초기 성장 시 난황 흡수가 완료되고 첫 먹이 섭이가 시작되는 21일 까지 전장은 성장하는 반면, 체중이 다소 감소하는 경향을 보였다. 이는 외인성 먹이 섭이 없이, 난황에 의한 에너지 공급에 의존한 대사에 기인 한 것으로 보여진다(Hunter, 1981).

경골어류의 성분화 양상은 다양하고 불규칙하기 때문에 일부의 암수동체 어류를 포함한 다수의 자웅이체 어류에서의 성전환이 용이하다(Devlin & Nagahama, 2002). 이러한 성전환은 어류 양식 산업에서 경제성 있는 단성집단(monosex population) 생산을 가능케 함으로서 어류 성전환시 대상 어종의 성분화 양상 파악이 근본적으로 필요시 된다(박 등, 1998; Park *et al.*, 2004). 본 연구에서는 각시붕어의 초기 생식소발달과 성분화 조사시 부화 후 경과 일수에 따른 전장 및 체중을 기준으로 하였던 바, 본 연구에서와 같이 부화 후 체성장을 기준으로 유럽뱀장어, *Anguilla arguilla*와 동자개, *Pseudonagrus fulvidraco* 생식소발달과 성분화를 조사한 결과와 마찬가지로, 부화 후 경과 일수에 따른 단순 연령을 기준으로 조사한 여타 연구들의 생식소발달과 성분화 조사 결과에 비해 비교적 정확한 것으로 보고된 바 있다(Colombo & Grandi, 1996; Park *et al.*, 2004). 더욱이, 본 연구에서는 적산수온을 조사 기준에 포함 함으로써 선행 연구들에 비해 더욱 명확한 기준이 될 것이라 판단된다.

시원생식세포의 출현 시기 및 위치는 종에 따라 다른 것으로

보고되고 있다. 틸라피아, *Tilapia zillii*는 부화 직후에, 무지개송어, *Salmo gairdneri*는 부화 후 36일에 중신관 아래에서 시원생식세포가 나타난다고 보고된 바 있으며, 대농갱이, *Leiocassis ussuriensis* 및 눈동자개, *Pseudobagrus koreanus*는 부화 후 1일, 동자개는 부화 후 3일 그리고 버들치, *Rhynchocypris oxycephalus*는 부화 후 8일에 부레 밑의 장간막 양측면에 원시생식세포가 출현한다고 보고되었다(박 등, 1998; 박 등, 2001; 박 등, 2008; Yoshikawa & Oguri, 1978; Takashima *et al.*, 1980; Park *et al.*, 2004). 본 연구 결과, 각시붕어에서는 부화 후 17일째에 시원생식세포가 부레 아래의 장간막에 나타났으며 생식용기의 형성으로 처음 초기 생식소로 판별할 수 있었다.

어류의 생식소 분화과정에서 미분화 생식소에서 난소 또는 정소로의 분화는 서로 다른 내강(duct) 형성 양상으로 판별 될 수 있다. 난소로 분화하는 생식소의 양쪽끝에 위치한 체세포가 신장하여 돌기를 형성한 다음 융합하여 난소강이 되고, 정소는 생식소 안쪽에 정소강이 형성되어 정소관으로 발달한다(Nakamura & nagahama, 1985; Nakamura *et al.*, 1998). 각시붕어에서 난소로의 분화 확인은 부화 후 21일(평균 전장 9.2 ± 0.14 mm, 평균 체중 4.8 ± 0.07 mg, 부화 후 적산수온, 462°C)에 감수분열 전기를 나타내는 난모세포의 출현으로 알 수 있었다. 이러한 성분화 시기는 어종에 따라 다르게 나타나며, 산천어, *Oncorhynchus masou*의 경우 부화 후 40일(적산수온 326°C)에 성분화가 일어나며, 은연어, *O. kisutch*에서는 적산수온 270°C 가 분화시기에 해당한다(박 등, 1997; Pifferrer & Donaldson, 1989). 한편, 무지개송어에서는 난황이

완전히 흡수되고 첫 먹이를 먹는 시기가 성분화 시기에 해당하며, 산천어 또한 성분화가 일어나는 시기인 부화 후 40일에 난황 흡수가 완료되고 첫 먹이를 먹는 시기인 바, 각시붕어에서도 부화 후 21일째 난황 흡수가 완료되고 첫 먹이 섭이를 시작하는 시기에 성분화가 관찰됨으로써 이와 유사한 결과를 관찰 할 수 있었다(박 등, 1997; Van den Hurk & Solf, 1981).

경골어류는 종(species)이나 과(family) 수준에서 성분화 시기가 구분될 수 있는데, cichlid는 부화 후 10~40일, Cyprinodontid는 부화 후 10~30일 그리고 Anabantid는 부화 후 3~40일에 성분화가 일어난다(Yamazaki, 1976; Shelton & Jensen, 1979; Pandian & Sheela, 1995). 대농갱이는 15~20일째와 동자개는 12~20일로 서로 유사하며, 쏘가리, *Siniperca scherzereri*와 산천어는 부화 후 40일로 다소 늦게 성분화가 나타났다(박 등, 1997; 박 등, 2001; Park *et al.*, 2004). 각시붕어에서는 부화 후 21일에 난소, 부화 후 25일에 정소로, 부화 후 21~25일에 성분화를 판별할 수 있었다. 비록 망상어, *Diterma temmincki* 등 일부 어류에서는 정소의 분화가 먼저 시작되지만 대부분의 어류에서 정소 보다는 난소의 분화가 일찍 일어난다고 보고되고 있다(이와 이, 1996; Takashima *et al.*, 1980; Park *et al.*, 2004).

경골어류의 난소강 형성은 크게 두가지 형태로 나타난다. Entovarian sac 양상은 난소의 중앙에 난소강이 형성되며, parovarian sac 양상은 난소의 가장 자리에 난소강이 형성된다(이와 이, 1996).

Parovarian sac의 형태로 은어, *Plecoglossus altivelis*, 큰가시고기, *Gasterosteus aculeatus* 에서 보고된 바 있다(방 등, 2000). Entovarian sac의 형태로는 홍송어, *Salvelinus leucomaenis*, 무지개송어 및 대농갱이 등에서 보고된 바 있으며, 각시붕어 또한 난소의 중앙에 난소강이 형성되는 entovarian sac 양상을 보였다(박 등, 2001; Takashima *et al.*, 1980).

어류에서 성 표현은 암·수의 생식소가 각각 다른 개체에 나타나는 자웅이체(gonochorism)형과 동일개체에 나타나는 자웅동체(hermaphroditism)형으로 나뉜다. 자웅이체형은 미분화 생식소가 직접 난소와 정소로 분화하는 분화형(differentiated)과 자성 단계를 거쳐 정소와 난소로 분화되는 미분화형(undifferentiated)으로 나누어진다(Yamamoto, 1969; Reinboth, 1970). 자웅동체형은 다시 정소와 난소의 발달 및 출현 양상에 따라 동시성 자웅동체형(synchronous hermaphroditism)과 자성선숙(protogynous) 및 웅성선숙(protoandrous)으로 나누어진다(Yamamoto, 1969; Reinboth, 1970).

본 연구의 결과, 각시붕어는 부화 후 21일에 난소로 분화되고 부화 후 25일에 정소로 분화 되었으며 무지개송어, 연어, *O. keta*, 송사리, *Oryzias latipes*, 대농갱이, 버들치 그리고 망상어와 마찬가지로 성분화 양상이 자웅이체형 중 분화형에 속하였다(이와 이, 1996; 박 등, 1998; 박 등, 2001; Robertson, 1953; Tuzuki *et al.*, 1966; Yoshikawa & Oguri, 1978; Takachima *et al.*, 1980).

각시붕어는 한국의 토종어류로서 자원 증강의 중요성이 제기되고

있어, 앞으로 이를 시행하기 위해서 성분화 시기 및 성비의 양상 파악이 뒷바침 되어야 할 것이다. 각시붕어 생식소의 분화 및 생식소 발달을 밝힘으로서 차후, 어류의 성 결정시 다양한 환경적 요인은 물론 성전환 호르몬 등의 인위적인 요인으로 인한 각시붕어의 성분화 시기와 성비의 변화의 대한 후속 연구가 진행되어야 할 것이며, 본 연구의 결과는 각시붕어의 자원 증식 및 생태적 변화에 대한 기초 자료로서 활용 될 것으로 사료된다.



V. 국문요약

각시붕어, *Rhodeus uyekii*를 대상으로 부화 직후부터 부화 후 83일까지 걸쳐 시원생식세포(Primordial germ cell)의 출현과 미분화 생식소의 형성 및 암·수의 성분화 과정을 조직학적으로 조사하여 구명하였다. 전장은 부화 직후 부터 부화 후 83일까지 지속적인 성장을 보였으며, 전장성장식은 $TL = 5.144e^{0.045t}$ ($R^2 = 0.961$) (TL, total length; t, time) 이었다. 체중은 부화 직후 부터 난황 흡수가 완료되는 시점 까지는 다소 감소하는 경향을 보였으나, 이후 먹이 섭이를 시작한 후 급격한 성장을 보인 바, 체중성장식은 $BW = 2.398e^{0.086t}$ ($R^2 = 0.725$) (BW, body weight; t, time) 이었다. 시원생식세포는 부화 후 17일(평균 전장 7.9 mm, 평균 체중 3.7 mg, 부화 후 적산수온 374℃)에 부레 아래의 장간막에서 직경 7.2 μm 크기로 나타났으며, 생식용기의 형성이 관찰되었다. 부화 후 19일(평균 전장 8.2 mm, 평균 체중 3.6 mg, 부화 후 적산수온 418℃)에서 미분화생식소 형태로, 시원생식세포의 감수분열이 관찰되었다. 부화 후 21일(평균 전장 9.2 mm, 평균 체중 4.8 mg, 부화 후 적산수온 462℃)에 생식소에 난소강 및 난원세포(Oocyte)를 형성했고, 부화 후 33일(평균 전장 11.2 mm, 평균 체중 10.5, 부화 후 적산수온 726℃)에서 직경 약 50 μm 크기의 주변인기 난모세포(Peri-nucleolus oocyte)가 나타났다. 난소강은 Entovarian sac 형태로 형성되었다. 정소의 분화는 난소분화 보다 늦은 부화 후 25일(평균 전장 10.1 mm, 평균 체중 5.4 mg, 부화 후

적산수온 550℃)에서 정소관의 원기 및 정원세포(Spermatogonia)를 관찰함으로써 정소로의 분화를 확인할 수 있었으며, 부화 후 33일(평균 전장 11.2 mm, 평균 체중 10.5 mg, 부화 후 적산수온 726℃)에서 정원세포의 분열증식을 관찰할 수 있었으며, 그 후 시간이 경과함에 따라 정원세포의 수가 지속적으로 증가하였다. 실험 종료시인 부화 후 83일(평균 전장 18.9 mm, 평균 체중 48.2 mg, 부화 후 적산수온 1,826℃) 까지 정모세포(Spermatocyte)와 정세포(Sperm cell)가 관찰되지 않았다. 본 연구 결과, 각시붕어의 성분화 양상은 암컷에 비해 수컷이 감수분열이 늦게 나타나지만, 미분화 생식소에서 난소나 정소로 직접 분화하는 분화형 자웅이체(Differentiated gonochorism)이었다.



VI. 이력서

석사학위청구논문 제목:

(국 문) 각시붕어, *Rhodeus uyekii* 성분화 및 생식소 발달

(영 문) Early Gonadogenesis and Sex differentiation in the Korean

Rose Bittering, *Rhodeus uyekii*

성 명: 구 인 본(具 仁 本, In Bon Goo)

본 적: 대구광역시 동구 지묘동 337

현 소 속: (우) 606-791 부산광역시 영도구 태종로 727

한국해양대학교 대학원 해양생명환경학과

생 년 월 일: 1987 년 10 월 31 일

학 력: 한국해양대학교 해양과학기술대학 해양환경 · 생명과학부:

2006 년~2012 년(이학사)

한국해양대학교 대학원 해양생명환경학과:

2012 년~2014 년(이학석사: 수산유전육종학)

학 회 활 동: 2012 년 ~ 현재: 발생생물학회 (학생회원)

한국어병학회 (학생회원)

한국어류학회 (학생회원)

한국수산과학회 (학생회원)

논문 출판:

1. Seong, K.B., I.-S. Park, **I.B. Goo** & D.S. Kim, **2012**. Effect of starvation on the morphometric characteristics and histological changes in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fry. ***Ocean Polar Res.***, 34: 165~173.
2. Park, I.-S., Y.J. Kim, **I.B. Goo** & D.S. Kim, **2012**. Early morphological development of the brown croaker, *Miichthys miuuy* (Basilewsky): fin differentiation, head dimensions, and squamation. ***Korean J. Ichthyol.***, 24: 125~130.
3. Park, I.-S., H.J. Park, H.W. Gil & **I.B. Goo**, **2012**. Early growth and characteristic of histological eye development in post parturition dark banded rockfish, *Sebastes inermis*. ***Dev. Reprod.***, 16: 101~106.
4. Park, I.-S., **I.B. Goo**, Y. J. Kim, J. W. Choi & J. S. Oh. **2013**. Hematological constituents and ultrastructural changes in dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*, under nitrite stress. ***J. Fish Pathol.***, 26: 1~9.
5. Lim, S.G., H.K. Han, J.H. Kang, H.J. Park, J.S. Oh, J.S. Lim, **I.B. Goo** & I.-S. Park. **2013**. Comparative analysis of the morphometric changes in Ussurian bullhead, *Leiocassis ussuriensis*, and Korean bullhead, *Pseudobagrus fulvidraco*, in the early period of growth. ***Dev. Reprod.***, 17: 257~268.
6. Park, I.-S., H.J. Choi, C.-H. Noh, J.-G. Myoung, H.J. Park & **I.B. Goo**. **2013**. Induced morphological changes in laval rock bream, *Oplegnathus faciatius*, under starvation. ***Dev. Reprod.*** (Accepted)
7. **Goo, I.B.**, H.W. Gil & I.-S. Park. **2013**. Comparative analysis of histological changes in Ussurian bullhead, *Leiocassis ussuriensis*, and Korean bullhead, *Pseudobagrus fulvidraco*, in the early period of growth. ***Dev. Reprod.*** (Accepted)

학 회 발 표:

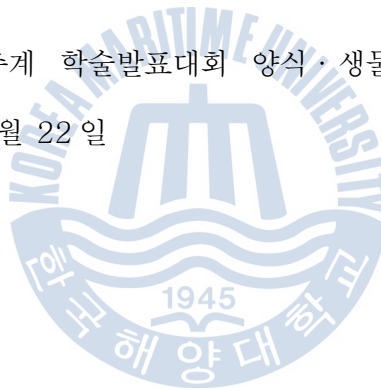
1. Park, I.-S., H.J. Park, H.W. Gil & **I.B. Goo**. 2012. Early growth and morphogenesis of the eye in larval dark banded rockfish, *Sebastes inermis*. ***Fish Barcode of Life World Conference. 12-14 June, 2012. Expo 2012 Yeosu, Yeosu, Korea.***
2. **Goo, I.B.**, K.B. Seong, D.S. Kim & I.-S. Park. 2012. Effect of Starvation on the Morphometric Characteristics and Histological Changes in Chum Salmon, *Oncorhynchus keta* Fries. ***Korea Society of Fisher and Aqua Science Spring Meeting, 22 June, 2012. Gyeongsang National University, Tongyoung, Korea.***
3. Park, I.-S., H.W. Gil, **I.B. Goo**, J.W. Choi & D.S. Kim. 2012. Sexual dimorphism and sexual behavior of marine medaka, *Oryzias dancena*. ***Korean Society of Developmental Biology 31th Annual Meeting. 7 September, 2012., Seoul National University Hospital, Seoul, Korea.***
4. Park, I.-S., H.W. Gil, **I.B. Goo**, J.S. Oh, H.J. Park & D.S. Kim. 2012. Morphometric characteristics and fluctuating asymmetry of diploid and triploid marine medaka, *Oryzias dancena*. ***Korean Society of Developmental Biology 31th Annual Meeting. 7 September, 2012., Seoul National University Hospital, Seoul, Korea.***
5. Park, I.-S., **I.B. Goo**, H.W. Gil, Y.J. Kim, J.W. Choi & J.S. Oh. 2013. Physiological and microstructural changes in dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*, under nitrite stress. ***Fishery Sciences Association of Korea Fall Meeting, 16 November, 2012. BEXCO, Busan, Korea.***
6. Park, I.-S., Y.J. Kim, **I.B. Goo** & D.S. Kim. 2012. Early morphological development of the brown croaker, *Miichthys miiuy* (Basilewsky): fin

- differentiation, head dimensions, and squamation. *Fishery Sciences Association of Korea Fall Meeting*, 16 November, 2012. BEXCO, Busan, Korea.
7. Park, I.-S., **I.B. Goo**, H.W. Gil, Y.J. Kim, J.W. Choi & J.S. Oh. **2013**. Physiological and microstructural changes in dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*, under nitrite stress. *10th Asian Fisheries and Aquaculture Forum/ 4th International Symposium on Cage Aquaculture in Asia*. 30 April - 4 May, 2013., The Ocean Resort Hotel, Yeosu, Korea.
8. 구인본 · 길현우 · 박인석. **2013**. Human chorionic gonadotropin (HCG) 및 carp pituitary extract (CPE)에 의한 복심, *Takifugu niphobles* 의 배정효과. 한국발생생물학회 제 32 회 정기학술발표대회, 2013 년 8 월 30 일, 서울대학교병원, 서울, 한국.
9. Lim, S.G., H.K. Han, J.H. Kang, **I.B. Goo**, H.W. Gil & I.-S. Park. **2013**. Cytogenetic characteristics of Cyprinidae between diploid and spontaneous triploid in major river of Korea. *Korean Society of Developmental Biology 32th Annual Meeting*. 30 August, 2013, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea.
10. Park, I.-S., H.W. Gil & **I.B. Goo**. **2013**. Morphometric characteristics of diploid and triploid far eastern catfish, *Silurus asotus*. *Korean Society of Developmental Biology 32th Annual Meeting*. 30 August, 2013, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea.

11. 구인본 · 박인석 · 공희정 · 한형균 · 임상구. 2013. 각시붕어, *Rhodeus uyekii* 성분화 및 생식소 발달. 한국수산과학총연합회 공동학술대회, 2013 년 11 월 22 일, BEXCO, 부산, 한국.
12. Gil, H.W., B.-S. Kim, H.J. Kong, H.S. Kim, S.-G. Lim, C.H. Kim, C.M. An, I.B. Goo & I.-S. Park. 2013. Cytogenetic analysis of diploid and triploid Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii*. *Fishery Sciences Association of Korea Fall Meeting*, 22 November, 2013. BEXCO, Busan, Korea.

수 상 내 역

1. 한국수산과학회 추계 학술발표대회 양식 · 생물공학분야 우수 발표상 수상. 2013 년 11 월 22 일



VII. 감사의 글

본 학위 논문이 있기까지 많은 도움을 주신 분들께 이 서면을 빌어 감사의 마음을 전합니다.

먼저 부족한 저에게 많은 충고와 격려를 아끼지 않으시고 학자로서 학문에 대한 자세와 열정을 몸소 가르쳐 주신 지도교수 **박인석**박사님께 깊은 존경과 감사를 드립니다. 바쁘신 와중에도 학위 논문이 마무리 되기 까지 꼭 지켜보시며 격려와 세심한 교정 및 충고를 아끼지 않아주신 심사위원장 **조성환**교수님과 심사위원 **임선영**교수님께 감사드립니다. 배움의 과정 동안 많은 가르침과 격려를 해주신 한국해양대학교 대학원 해양생명환경학과의 **최철영**교수님, **서영완**교수님 및 **안중웅**교수님께 감사드립니다.

본 학위 논문은 국립수산물과학원 전략양식연구센터 생명공학과 연구위탁사업 ‘각시붕어 4배체 유도 및 단성집단 생산’의 지원에 의해 수행하였으며 도움을 주신 **공희정**박사님, **안철민**박사님 및 **김봉석**박사님께 감사드립니다. 아울러 석사학위 과정 중 아낌없는 조언과 격려를 해주신 국립수산물과학원 내수면양식연구센터의 **한형균**박사님, **임상구**박사님께 깊이 감사드리며, 항상 관심을 가지고 지켜봐 주시는 **성기백**박사님과 **임재현**박사님께도 감사를 드립니다. 국립수산물과학원 내수면양식연구센터 연구원들 모두에게도 그간의 도움과 관심에 감사를 드리며 앞으로 좋은 결과 있기를 기원합니다.

또한, 학위 논문을 마무리 짓는 동안 항상 옆에서 지켜봐 주고 마무리

잘 할수 있도록 묵묵히 도와주신 **길현우**선배님을 비롯한 한국해양대학교 수산유전육종학 실험실원들께 감사드립니다. 또한 학위과정 동안 행정적으로 미흡한 저에게 도움을 주고 선배로서 챙겨주신 **조교 최형주**님께 감사드립니다. 논문이 마무리 되기 까지 많은 걱정과 관심으로 격려해준 한국해양대학교 해양환경·생명과학부 06학번 동기들, **한윤수, 이종학, 주현진, 조용호, 전규호, 김신현, 민경성, 김상엽, 한유빈, 내범진** 및 **김종기**에게 감사드립니다.

바쁘다는 이유로 제대로 찾아뵙지도 못한 할아버지, 외할머니, 부족한 아들을 항상 믿어주시고 공부할 수 있게 뒷바라지 해주시는 사랑하는 아버지와 어머니, 멀리에서도 늘 걱정해 주는 동생 그리고 멀리 있지만 언제나 믿고 사랑해 주고 힘이 되어 주는 **임미진**에게 말할 수 없는 깊은 고마움을 느끼며 사랑과 감사의 마음으로 이 학위 논문을 바칩니다.

VIII. 참 고 문 헌

- 강언중 · 김치홍 · 박인석 · 양현 · 조용철 (2006) 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)와 떡납줄갱이 (*R. notatus*) (Pisces: Cyprinidae) 잡종의 초기 발생 특징. 한국어류학회지 18, 339-346.
- 권준영 · 이찬희 · 김주영 · 김상훈 · 김대중 · 한형균 · 임한규 · 변순규 (2006) 외인성 성 스테로이드 호르몬에 의한 조피볼락, *Sebastes sclegeli*의 성분화 교란. 발생과 생식 10, 247-254.
- 김봉석 · 강언중 · 장혁 · 박인석 (2012) 각시붕어, *Rhodeus uyekii*와 떡납줄갱이, *R. notatus* 간 정교배체, 상반교배체의 계측형질과 세포유전학적 분석. 한국어류학회지 24, 151-159.
- 김용억 · 한영호 (1990) 실험실에서 사육한 한국산 각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 초기생활사. 한국어류학회지 2, 159-168.
- 김인자 (1997) 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)의 골격학적 연구. 한국어류학회지 9, 130-140.
- 박기남 · 김치홍 (1990) 한국산 각시붕어의 초기발생과 시기별 성비에 관하여. 전주대학교 자연과학연구소 학술논문집 3, 29-33.
- 박상용 · 이윤아 · 최경철 · 강언중 · 방인철 (2001) 대농갱이 (*Leiocassis ussuriensis*)의 초기 생식소 형성 및 성분화. 한국어류학회지 13, 248-253.

박인석 · 김정혜 · 방인철 · 김동수 (1998) 버들치, *Rhynchocypris oxycephalus* 초기생식소 발달과 성분화에 관한 조직학적 연구. 발생과 생식 2, 69-74.

박인석 · 이영돈 · 정의영 (1997) 산천어, *Oncorhynchus masou*의 성분화. 해양과환경연구소 연구논문집 21, 1-9.

박진석 · 이원교 · 박충국 · 허승준 · 기세운 · 최낙현 (2008) 한국 특산종 눈동자개, *Pseudobagrus koreanus*의 생식소 발달과 성분화. 발생과 생식 12, 215-220.

방인철 · 박상용 · 이윤아 · 이철호 · 김성연 · 김경길 (2000) 은어, *Plecoglossus altivelis*의 초기 생식소 형성 및 성분화. 한국양식학회 13, 215-222.

안철민 (1995) 각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 생식주기. 한국어류학회지 7, 33-42.

이영돈 · 노섭 · 고환봉 · 김동수 (1994) 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 성현상. 해양과환경연구소 연구논문집 18, 85-91.

이정식 · 이영돈 (1996) 태생 경골어류, 망상어 (*Ditrema temmincki*)의 초기생식소 형성 및 성분화. 한국수산과학회지 29, 35-43.

장정화 (1986) 각시붕어의 알 발생과 부화자어. 교육논총 2, 165-175.

전상린 (1982) 한국산 남자루아과 어류의 분포에 관하여. 생물학연구연보 3, 33-47.

채병수 (2001) 각시붕어, *Rhodeus uyekii* (Pisces: Cyprinidae)의
산란관의 신장. 한국어류학회지 **13**, 111-116.

Baroiller JF, Guiguen Y & Fostier A (1999) Endocrine and environmental aspects
of sex differentiation in fish. *Cellular and Molecular Life Sciences* **55**, 910-931.

Colombo G & Grandi G (1996) Histological study of the development and sex
differentiation of the gonad in the European eel. *Journal of Fish Biology* **48**, 493-
512.

Devlin RH & Nagahama Y (2002) Sex determination and sex differentiation in
fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences.
Aquaculture **208**, 191-364.

Gray AM & Metcalfe CD (1997) Induction of testis-ova in Japanese medaka
(*Oryzias latipes*) exposed to *p*-Nonylphenol. *Environmental Toxicology and
Chemistry* **16**, 1082-1086.

Hunter GA & Donaldson EM (1983) Hormonal sex control and its application to
fish culture. Hoar WS, Randall DJ & Donaldson EM (eds), in *Fish Physiology*,
Vol. IX, Academic Press, New York, pp. 223-303.

Hunter JR (1981) Feeding ecology and predation of marine fish larvae. Lasker R
(ed) in *Marine Fish Larvae*. Seattle Wasington Grant Program, pp 34-77.

Kim B-S, Lim S-G, Gil HW & Park I-S (2011) Temperature-dependent index of
mitotic interval (τ_0) for chromosome manipulation in Korean rose bitterling,
Rhodeus uyekii. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* **14**, 429-434.

Nakamura, M (1969) Cyprinid fishes of Japan. Studies on the life history of
Cyprinid fishes of Japan. Research Institute National Resources, Tokyo, pp. 5-99.

- Nakamura M & Nagahama Y** (1985). Steroid producing cells during ovarian differentiation of the tilapia, *Sarotherodon niloticus*. *Development Growth and Differentiation* **27**, 701-708.
- Nakamura M, Kobayashi T, Chang XT & Nagahama Y** (1998) Gonadal sex differentiation in teleost fish. *Journal of Experimental Zoology Part A* **281**, 362-372.
- Pandian TJ & Sheela SG** (1995) Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture* **138**, 1-22.
- Park I-S, Kim JH, Bang IC & Kim DS** (2004) Sex differentiation and hormonal sex reversal in the bagrid catfish, *Pseudobagrus fulvidraco* (Richardson). *Aquaculture* **232**, 183-193.
- Pifferrer F & Donaldson EM** (1989) Gonadal differentiation in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, after a single treatment with androgen at different stages during ontogenesis. *Aquaculture* **77**, 251-262.
- Reinboth, R** (1970) Intersexuality in fishes. *Membrane Society Endocrinology* **18**, 515-543.
- Robertson JG** (1953) Sex differentiation in the Pacific salmon, *Oncorhynchus keta* (Walbaum). *Canadian Journal of Zoology* **31**, 73-79.
- Shelton WL & Jensen GL** (1979) Production of reproductively limited grass carp for biological control of aquatic weeds. *Water Resources Research Institute Auburn University* **39**, 1-174.
- Takashima F, Patino R & Nomura M** (1980) Histological studies on the sex differentiation in rainbow trout. *Bulletin of the Japanese Society Scientific*

Fisheries **46**, 1317-1322.

Tuzuki E, Egami N & Hyodo Y (1966) Multiplication and sex-differentiation of germ cells during development in the medaka, *Oryzias latipes*. *Japanese Journal of Ichthyology* **13**, 176-182.

Uchida K (1939) The fishes of Tyosen. Part 1. Nematognathi and eventognathi. Bulletin Fisheries Experiment State 6, pp. 88-177.

Van den Hurk R & Slof GA (1981) A morphological and experimental study of gonadal sex differentiation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Cell and Tissue Research* **218**, 487-497.

Yamamoto T (1969) Sex differentiation. Hoar WS, Randall DJ & Donaldson EM (eds), in *Fish Physiology*, Vol. III, Academic Press, New York, pp. 117-158.

Yamazaki F (1976) Application of hormone in fish culture. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **33**, 948-985.

Yoshikawa H & Oguri M (1978) Effect of steroid hormones on the sex differentiation in a cichlid fish *Tilapia zillii*. *Nippin Suisan Gakkaishi* **44**, 1093-1098.